

**Comune di CARPI
Provincia di MODENA
Regione EMILIA ROMAGNA**

**IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO
RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
via Valle n° 21 Fossoli di Carpi (MO)**

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE
ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO
DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO
ALLA PRODUZIONE DI BIOMETANO**

- PROGETTO DEFINITIVO -

COMMITTENTE:



Via Maestri del Lavoro n. 38 - 41037 - Mirandola (MO)
web: www.aimag.it - e-mail: info@aimag.it

Il Responsabile
Area Impianti Ambiente

(ing. Paolo Monoscalco)

TITOLARE INCARICO E COORDINAMENTO GENERALE:

Studio T.En.

Via A. Einstein, 11 - 42122 Reggio Emilia
Tel: 0522 337096 - Fax: 0522 337592
E-mail: info@studioten.it

Il Progettista

(ing. Stefano Teneggi)

ALTRI PROFESSIONISTI:



Berro & Sartori ingegneria Srl

via Roma, 130
30030 Pianiga [VE] - Italy

t. [+39] 041 5195480 web: www.bs-eng.net
f. [+39] 041 5199098 pec: info@pec.bs-eng.net
P. IVA 04095420271 e-mail: info@bs-eng.net

Il Progettista

(ing. Gialuca Sartori)

Data

Maggio 2020

**RELAZIONE TECNICA STRUTTURALE
PRESISMICA**

REVISIONE

DATA

00

Emissione

STR_00

IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO ALLA
PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

SOMMARIO

1.	PREMESSA	3
2.	RELAZIONE TECNICA	4
2.1.	Indicazione degli estremi del committente.....	5
2.2.	Indicazione degli estremi del progettista architettonico e strutturale	5
2.3.	Individuazione del sito in cui sorgerà l'opera	5
2.4.	Indicazione di documenti tecnici applicativi	5
2.5.	Indicazione delle caratteristiche del terreno	5
2.6.	Indicazioni sul sistema di fondazioni adottato	8
2.7.	Indicazione delle destinazioni d'uso	8
2.8.	Indicazione della vita utile e classe d'uso	10
2.9.	Individuazione della tipologia strutturale adottata per gli edifici 18-23-28	11
2.10.	Individuazione della tipologia strutturale adottata per gli edifici biofiltri, digestori e vasche .	14
2.11.	Indicazioni dei materiali adottati.....	20
2.12.	Individuazione dei parametri sismici	21
2.12.1.	Parametri del DM 17/01/2018: Edifici 18-23-28.....	21
2.12.2.	Parametri del DM 17/01/2018: Biofiltri, digestori e vasche	22
2.13.	Analisi delle interazioni tra le componenti architettoniche	23
2.14.	Criteri di regolarità in pianta.....	28
2.15.	Dimensionamenti delle strutture	29
2.15.1.	Capannone 18	31
2.15.2.	Capannone 23	33
2.15.3.	Vasca V4 a-b-c	34

1. PREMESSA

AIMAG S.p.A., società multiservizi a prevalente capitale pubblico operante nel territorio della bassa modenese, è da tempo autorizzata alla gestione di attività di trattamento biologico, quale il compostaggio, di rifiuti non pericolosi nell'impianto di Via Valle, n. 21, in Comune di Carpi.

L'impianto in esame è entrato in funzione nel 1996 e da allora assolve a una funzione strategica nella gestione integrata dei rifiuti a livello interprovinciale. L'impianto si è infatti nel tempo specializzato nelle più evolute e virtuose operazioni rivolte al trattamento e al recupero di rifiuti non pericolosi, caratterizzandosi, oltre che per le quantità trattate, per la particolare attenzione verso l'utilizzo di tecnologie innovative.

L'impianto ha visto negli anni una continua evoluzione delle tecnologie di trattamento utilizzate nell'area impiantistica così da garantire sempre la massima efficienza e sostenibilità della gestione integrata dei rifiuti, in quest'ottica AIMAG S.p.A. ha valutato e deciso di progettare una nuova sezione di trattamento anaerobico dei rifiuti organici da integrare all'impiantistica esistente.

Gli obiettivi che AIMAG S.p.A. intende acquisire sono molteplici, tra i quali vale la pena citare quello di assicurare, oltre alla produzione di biometano e compost di qualità da FORSU [Frazione Organica del Rifiuto Solido Urbano da raccolta differenziata], anche una maggiore flessibilità dell'impianto di compostaggio esistente, così da ottimizzare le varie filiere di produzione.

Negli scorsi anni il trattamento della frazione organica contenuta nei rifiuti urbani e alimentari tramite processi di digestione anaerobica si è affermato e consolidato nel territorio nazionale, con conversione dell'energia biochimica contenuta nei rifiuti dapprima nel potere calorifico di una miscela di gas ad alto contenuto di metano (CH_4) e successivamente, tramite combustione, in energia elettrica e termica. Il prodotto di scarto di questa conversione che, si ribadisce, si sviluppa in condizioni anaerobiche, viene poi ulteriormente valorizzato tramite processi di compostaggio aerobico per la produzione di ammendante compostato, fertilizzante impiegabile in agricoltura tradizionale e biologica ai sensi dell'allegato II del D. Lgs. 75/2010 e s.m.i. (compostaggio nella attuale sezione impiantistica), la cui qualità finale dipende sia dalle metodiche di intercettazione e raccolta sul territorio che dei trattamenti adottati nella filiera impiantistica dei rifiuti trattati.

Il recente "Decreto Biometano", emanato nella Gazzetta Ufficiale il 02/03/2018 e in vigore dal giorno successivo, per la promozione dell'uso del biometano e degli altri biocarburanti avanzati nel settore dei trasporti, interviene sul processo sopra descritto, favorendo la conversione dell'energia contenuta nei rifiuti non tanto in energia termica ed elettrica prodotte sul posto, quanto in combustibile che possa

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

essere ceduto alla rete per il suo utilizzo per l'autotrazione, non ultima la rete di distribuzione dei carburanti presente sul territorio nazionale.

Questa modifica, che interviene quindi non principalmente sul processo anaerobico/aerobico di trattamento biologico dei rifiuti ma sulle modalità di utilizzo del prodotto ottenuto dal trattamento, determina la costruzione di una sezione che, integrata nella più ampia area tecnologica esistente, sarà dedicata alla valorizzazione della FORSU e alla cessione di biometano alla rete SNAM presente sul territorio.

L'impianto è attualmente autorizzato, con AIA di cui alla Determina n. 130 del 01/09/2015 e successive modifiche di cui alla Det.4413/2017 e Det.786/2019, alle operazioni di recupero e smaltimento identificate negli allegati C e B al D.Lgs.152/06, di seguito specificate:

- R3 Riciclo/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (comprese le operazioni di compostaggio e altre informazioni biologiche);
- D9 Trattamento fisico-chimico non specificato altrove nel presente allegato, che dia origine a composti o a miscugli eliminati secondo uno dei procedimenti elencati nei punti da D1 a D12;
- R13 Messa in riserva di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate nei punti da R1 a R12.

La nuova sezione impiantistica in progetto prevede una modifica alla sola **operazione R3**, con incremento delle portate di FORSU e rifiuti lignocellulosici previsti in impianto, come meglio dettagliato al successivo capitolo 4, con quantità complessiva di progetto pari a 115'000 t/a a fronte delle 90'000 t/a attualmente autorizzate.

Inoltre si richiede l'autorizzazione all'operazione D14 Ricondizionamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D13 per la nuova attività di miscelazione dei rifiuti EER 190599 e EER 190603 con la formazione del rifiuto EER 161002 inviato al Depuratore di Carpi per smaltimento in D08.

Attualmente l'area tecnologica interessa una superficie complessiva di circa 82.000 m², con 64.000 m² di superfici impermeabilizzate, di cui 23'000 m² coperti. Il progetto prevede la riorganizzazione dell'area impiantistica, e l'utilizzo di un'area attigua, di proprietà del Comune di Carpi, di cui Aimag ha recentemente ottenuto il diritto di superficie.

L'area impiantistica di progetto ammonta quindi a circa 91'000 m², con 87'000 m² di superfici impermeabilizzate, di cui 29'000 m² coperti.

2. RELAZIONE TECNICA

La presente relazione illustra le modalità in cui il progettista delle strutture ha dato seguito alla concezione strutturale dell'opera. Il documento, redatto conformemente a quanto richiesto nel D.G.R. 1373/2011 - Allegato A par. A.1, risulta complementare alla documentazione già inviata per le strutture in progetto.

2.1. Indicazione degli estremi del committente

AIMAG S.p.A. - Sede Legale: Via Maestri del Lavoro, 38 - 41037 Mirandola (MO)

Tel 0535/28111 • Fax 0535 1872005 - e-mail: info@aimag.it

Procuratore speciale:

Paolo Monoscalco nato a Colleferro (ROMA) il 18/02/1967, residente ad Arluno (MI) in via Buozzi 4 CAP 20010 –
CF: MNSPLA67B18C858T

2.2. Indicazione degli estremi del progettista architettonico e strutturale

Progettista architettonico

Ing. Stefano Teneggi nato a Castelnovo ne' Monti (RE) il 21/12/1964, residente a Reggio Emilia (RE) in via Cirillo
Monzani 12 CAP 42122 – CF: TNGSFN64T21C219U

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Reggio Emilia n. 959

Progettista Strutturale

Ing. Gianluca Sartori nato a Conegliano (TV) il 20/04/1975, residente a Treviso (TV) in via Postumia, 32/L CAP
31100 con ufficio in Via Roma 30030 Pianiga (VE) – CF: srtglc75d20c957c

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Treviso n. A2205

2.3. Individuazione del sito in cui sorgerà l'opera

Si rimanda agli elaborati INQ-01 ÷ INQ-05 e ARC-02 di cui al progetto definitivo allegato alla presente.

2.4. Indicazione di documenti tecnici applicativi

- Decreto Ministeriale Infrastrutture 17 Gennaio 2018, "Aggiornamento alle Norme tecniche per le costruzioni"
- Legge Regionale 30/10/2008, n. 19: - Norme per la riduzione del rischio sismico;
- Circolare 21 Gennaio 2019, n° 7 /C.S.LL.PP., "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
- UNI EN 1992-1-1:2015, "Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- CNR DT-211/2014, "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Pavimentazioni di Calcestruzzo"

2.5. Indicazione delle caratteristiche del terreno

Il terreno su cui sorgerà l'opera è stato ampiamente indagato già in fase di progetto definitivo, il che consente di avere una caratterizzazione completa della stratigrafia e dei parametri geotecnici necessari alla progettazione strutturale. Si riporta a titolo esplicativo le prove effettuate nella prima campagna di indagini e il modello geotecnico desunto.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

La prima campagna di indagini geologiche ha previsto:

- n. 8 sondaggi a carotaggio continuo a profondità 20m dal piano campagna;
- n.5 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU meccaniche (CPT) spinte fino a 20m di profondità dal piano campagna;
- n.5 carotaggi archeologici spinti a 5 m dal p.c.;
- N. 1 indagine MASW;
- N.1 indagine HVSR.

La falda ha una profondità media di 3.10 m dal piano campagna. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica dell'indagine eseguita in sito si può riassumere il seguente modello geotecnico schematico del terreno indagato:

MODELLO GEOTECNICO MEDIO

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
1	0.0 – 1.00 m da p.c.		Terreno di riporto		
2	1.00 – 4.50 m da p.c.	-3.10 m da p.c.	Argilla o argilla limosa poco consistente	γ	1750 kg/m ³ ≈ 17.50 kN/m ³
				γ'	2050 kg/m ³ ≈ 20.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.30 kg/cm ² ≈ 30.0 kN/m ²
				C'_k	0.03 kg/cm ² ≈ 3.00 kN/m ²
				M_0	20.0 kg/cm ² ≈ 2000 kN/m ²
				E_s	42.0 kg/cm ² ≈ 4200 kN/m ²
				ϕ_k	20°
				v	0.50
3	4.50 – 9.00 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza	γ	1850 kg/m ³ ≈ 18.50 kN/m ³
				γ'	2150 kg/m ³ ≈ 21.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.80 kg/cm ² ≈ 80.0 kN/m ²
				C'_k	0.08 kg/cm ² ≈ 8.0 kN/m ²
				M_0	60.0 kg/cm ² ≈ 6000 kN/m ²
				E_s	112.0 kg/cm ² ≈ 11200 kN/m ²
				ϕ_k	23°
				v	0.40
4	9.00 – 22.00 m da p.c.		Argilla o argilla limosa consistente	γ	1900 kg/m ³ ≈ 19.00 kN/m ³
				γ'	2200 kg/m ³ ≈ 22.00 kN/m ³
				C_{uk}	1.50 kg/cm ² ≈ 150.0 kN/m ²
				C'_k	0.15 kg/cm ² ≈ 15.0 kN/m ²
				M_0	150.0 kg/cm ² ≈ 15000 kN/m ²
				E_s	210.0 kg/cm ² ≈ 21000 kN/m ²
				ϕ_k	25°
				v	0.35

Legenda	γ	=	peso specifico terreno naturale
	γ'	=	peso specifico terreno saturo
	C_{uk}	=	coesione non drenata caratteristica
	C'_k	=	coesione efficace caratteristica
	Dr	=	densità relativa
	M_0	=	modulo di deformazione edometrico
	E_s	=	modulo elastico
	ϕ_k	=	angolo d'attrito caratteristico

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

Lo studio effettuato e le indagini svolte in situ consentono di trarre le seguenti considerazioni conclusive:

Il presente studio geologico, geotecnico e sismico è stato eseguito per caratterizzare il terreno di fondazione inerente il progetto di ampliamento dell'impianto di compostaggio con digestore, biofiltro e locali annessi, sito in Via Valli nella località Fossoli del Comune di Carpi (MO).

Sulla base dei dati emersi dalle indagini geotecniche eseguite (§ 2.2), si fornisce per il terreno di fondazione indagato, il modello geotecnico medio riportato nel § 4.1 della presente relazione.

La caratterizzazione sismica del sito ha permesso di determinare che:

- la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità V_{s30} ha i seguenti valori:

indagine MASW	$V_{s30}=213$ m/s
---------------	-------------------

- sulla base delle NTC 2018, e tenendo conto dell'indagine sismica sopraccitata, si classifica il terreno di fondazione in oggetto come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a:

DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SUPERIORI A 30 m, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA 180 m/s E 360 m/s.

Per la definizione dell'azione sismica in relazione all'intervento in progetto è stato eseguito uno studio di risposta sismica locale in ottemperanza alle NTC 2018 (§ 7.11.3) e D.G.R. 630/2019 della Regione Emilia Romagna.

Il valore così ottenuto dallo studio di RSL risulta pari a $PGA_{max}=A_{max}=0.210g$ (per $T=0$ s); tale valore risulta **minore** rispetto al valore ottenuto mediante l'utilizzo dell'approccio semplificato delle NTC 2018, pari a $A_{max} = 0.219g$, come esposto al paragrafo 3.3 della presente relazione. Si ritiene pertanto più cautelativo considerare, ai fini della progettazione antisismica, il valore ottenuto con approccio semplificato in quanto determina un'azione sismica maggiore.

È stata eseguita la verifica della suscettibilità al fenomeno della liquefazione, con il metodo Robertson e Wride e con il metodo Idriss & Boulanger considerando una accelerazione massima al suolo $A_{max} = 0.219g$ e una magnitudo di riferimento pari a $M=6.14$.

VERTICALI D'INDAGINE	ROBERTSON E WRIDE	IDRISS E BOULANGER
CPTU 1	LPI=0.002	LPI=0.379
CPTU 2	LPI=0.473	LPI=1.08
CPTU 3	LPI=0.018	LPI=0.495
CPTU 4	LPI=0.0	LPI=0.45
CPTU 5	LPI=0.048	LPI=1.134

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

Per quanto esposto ed illustrato, fatte salve le considerazioni e le prescrizioni di cui sopra, si dichiara l'area idonea, sotto il profilo geologico, idrogeologico, sismico e geotecnico, alla realizzazione dell'intervento come da progetto.

Ad oggi sono state pianificate ulteriori prove, ad integrazione di quelle già effettuate per indagare aspetti più localizzati del sottofondo.

2.6. Indicazioni sul sistema di fondazioni adottato

Vista la presenza di terreni debolmente consistenti per uno spessore variabile tra i 14 e 20 m si prevede l'utilizzo di fondazioni profonde (pali) con plinti di collegamento ai pilastri della struttura principale per i capannoni 18 e 23. Per quanto riguarda le platee delle vasche e dei digestori vengono appoggiate su fondazioni profonde aventi lo scopo di limitare i cedimenti.

Si rimanda alla relazione geotecnica (STR-003) per una valutazione approfondita delle tipologie proposte.

2.7. Indicazione delle destinazioni d'uso

Il presente progetto prevede l'introduzione di una nuova sezione di digestione anaerobica ed apportando i necessari adeguamenti delle reti tecnologiche, con modesto incremento della potenzialità di trattamento.

Data la numerosità degli edifici da realizzare si schematizzano di seguito i vari interventi come da schema e figura seguente.

Si precisa che si tratta di edifici tutti indipendenti tra di loro dal punto di vista sismico poiché separati gli uni dagli altri.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

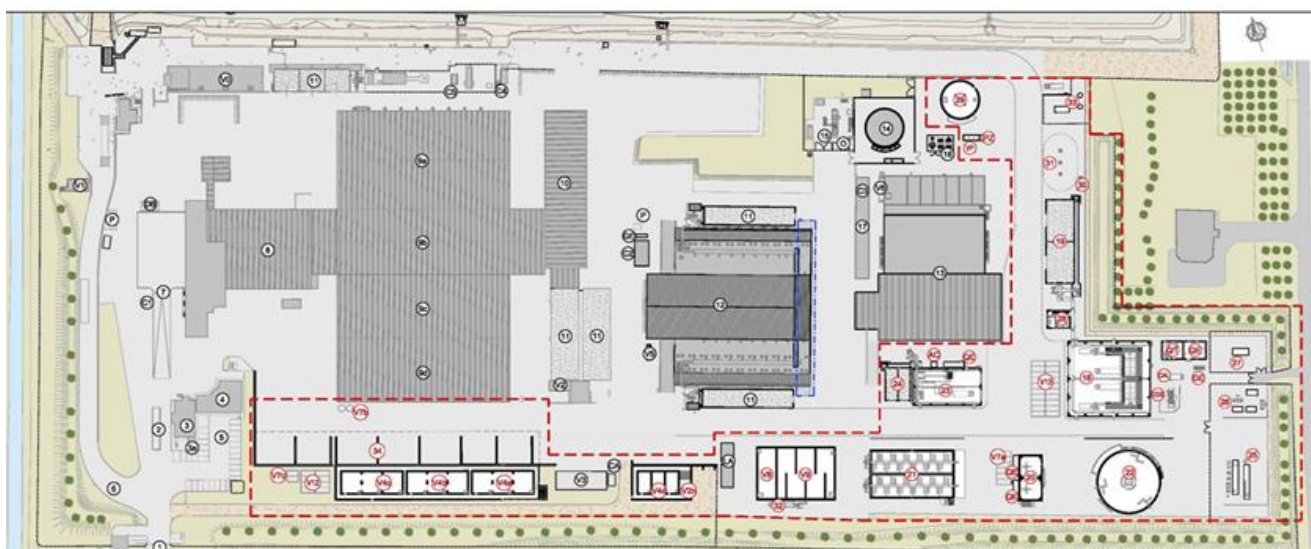


Figura 2.1 - Schema degli interventi

Si riportano di seguito la tipologia delle strutture per i vari interventi previsti nel progetto.

EDIFICI/INTERVENTI	Destinazione d'uso	Tipologia di Struttura
18	Capannone di Ricezione	Prefabbricata in c.a. e in c.a.p.
19	Biofiltro capannone di ricezione	c.a in opera
20	Vasca di precarico	c.a in opera
21	Platea del Digestore primario	c.a in opera / la struttura da definirsi con il fornitore

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

22	Platea del Digestore secondario	c.a in opera/ la struttura da definirsi con il fornitore
23	Capannone di separazione solido/liquido	Prefabbricata in c.a. e in c.a.p.
24	Biofiltro capannone di separazione	c.a in opera
25,26,27,30,31,32,33	Platee per gli impianti	c.a in opera
34	Tettoia staoccaggio del legno	c.a in opera (fondazioni ed elevazioni) e prefabbricata di copertura
28	Palazzina uffici	Prefabbricata in c.a. e in c.a.p.
29	Vasca di sedimentazione	c.a in opera fuori terra
V4a,b,c,d, V2n	Vasche raccolta acque meteoriche	c.a in opera fuori terra
V8	Vasca di miscelazione	c.a in opera fuori terra
V9	Vasca di raccolta digestato	c.a in opera fuori terra
V7a, b, c	Vasche di recupero e stoccaggio acque bianche	Prefabbricate ed interrate
V11, V12	Vasche di laminazione acque bianche	Prefabbricate ed interrate
Q/T e QE	Sala quadri e trasformatori e locale quadri elettrici	c.a in opera

Le azioni variabili di progetto sono quelle previste al par. 3.3 e 3.4 della NTC2018 nei confronti delle azioni di vento e neve. Si rimanda all'elaborato (STR-007) per una valutazione approfondita dell'analisi dei carichi.

2.8. Indicazione della vita utile e classe d'uso

Per ciò che riguarda la vita nominale della struttura si è adottata $V_N = 50$ anni e classe d'uso II. Tali valori si riferiscono quindi a tempi di ritorno degli eventi di progetto relativi agli stati limite richiesti da normativa pari a 50 anni per SLD ($P_{VR}=63\%$) e 475 anni per SLV ($P_{VR}=10\%$).

Con riferimento al D.G.R. 1661/2009 le strutture in progetto non rientrano negli elenchi di opere strategiche (Classe d'uso IV – Allegato A) o tra le strutture che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (Classe d'uso III – Allegato B).

Motivazione di esclusione da Allegato A

L'impianto non ricopre ruolo strategico e la sua funzionalità durante gli eventi sismici non ha alcun rilievo per le finalità di protezione civile.

Motivazione di esclusione da Allegato B

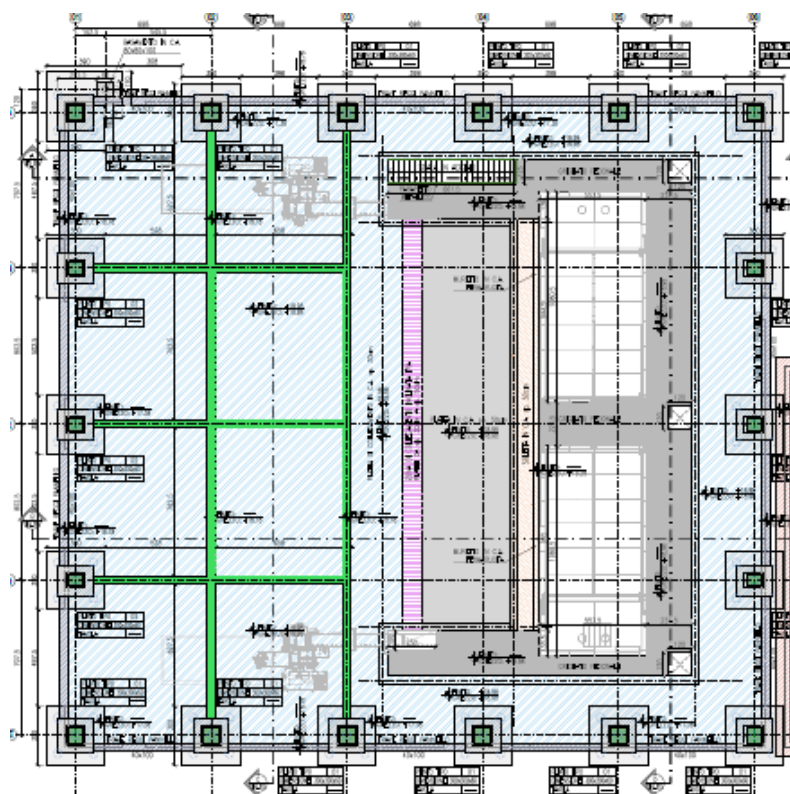
L'impianto svolge attività di stoccaggio e trattamento di rifiuti non pericolosi, pertanto un eventuale collasso delle strutture non costituirebbe un rischio per l'ambiente.

2.9. Individuazione della tipologia strutturale adottata per gli edifici 18-23-28

La struttura oggetto del presente progetto è costituita da più corpi di fabbrica alcuni con struttura in c.a.p. prefabbricato altri realizzati in opera in c.a.. Trattasi di edifici studiati separatamente poiché non contigui tra loro.

Le fondazioni degli edifici 18 e 23 saranno realizzate con plinti su pali mentre per l'edificio 28 le fondazioni previste sono dei plinti superficiali. Sono presenti plinti di diverse dimensioni, che variano tra 3,00x3,00 m a 2,50x2,50 m con spessore 60 cm. Ciascun plinto ha funzione di redistribuzione dei carichi derivanti dalla struttura a 4 e a 5 pali FDP, di diametro 420 mm e con profondità 15 m.

I plinti saranno collegati perimetralmente da una trave reggi-pannelli a sezione 40x100 cm e sono previsti dei cordoli interni di collegamento dei plinti di sezione 30x40 cm.



IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI
 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO ALLA
 PRODUZIONI DI BIOMETANO IN VIA VALLE n°21 FOSSOLI CARPI (MO)

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

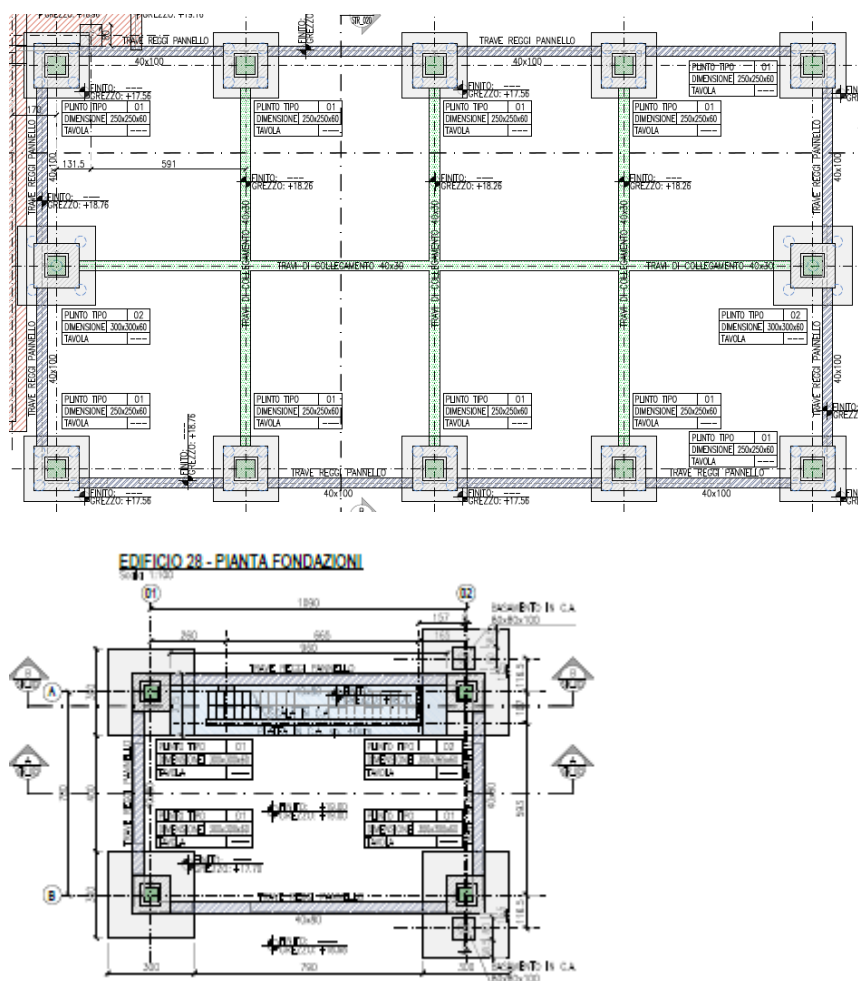
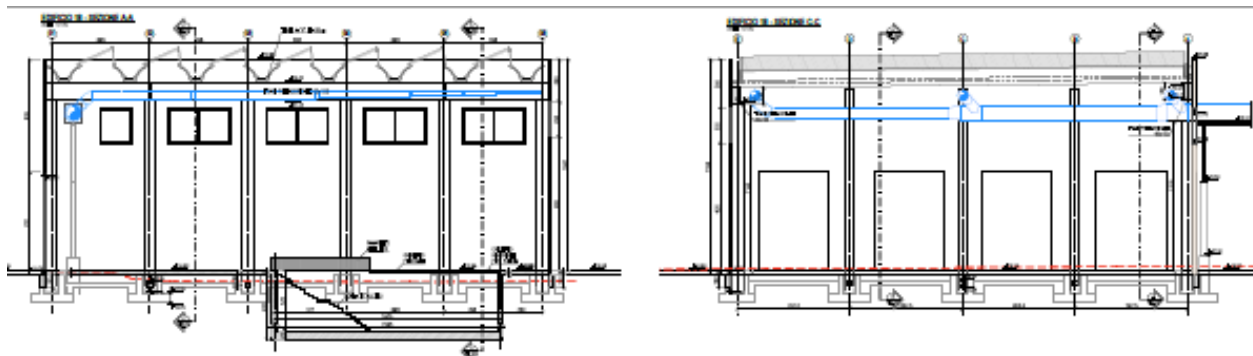


Fig.1.- Carpenterie delle fondazioni edifici 18-23-28

I pilastri degli edifici 18 e 23 saranno a sezione quadrata 80x80, 70x70 con altezza minima sotto trave di 12,00 m per l'edificio 18 e 10 m per il 23. I plinti prevedono dei bicchieri per l'innesto dei pilastri.



PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

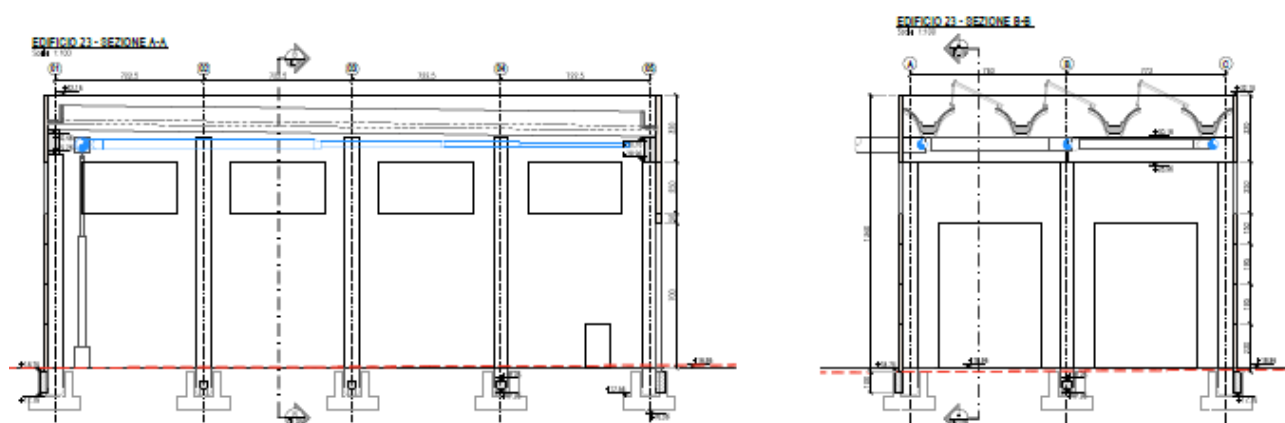


Fig.2.- Sezioni trasversali e longitudinali dei fabbricati 18 e 23

Le travi principali sono a sezione a “I” di altezza 120 cm e larghezza massima 60 cm, realizzate in c.a.p. e collegate ai pilastri mediante dispositivi atti a garantire le prescrizioni del §7.4.5.2 delle NTC2018. Tali elementi hanno luce pari a 7.00/8.00 m.

La copertura degli edifici 18 e 23 sarà realizzata con elementi “Shed” con luci variabili tra 30.00 m e 32.80 m, composti da travi principali a “V” a interasse max di 5,00 m e con aperture vetrate.

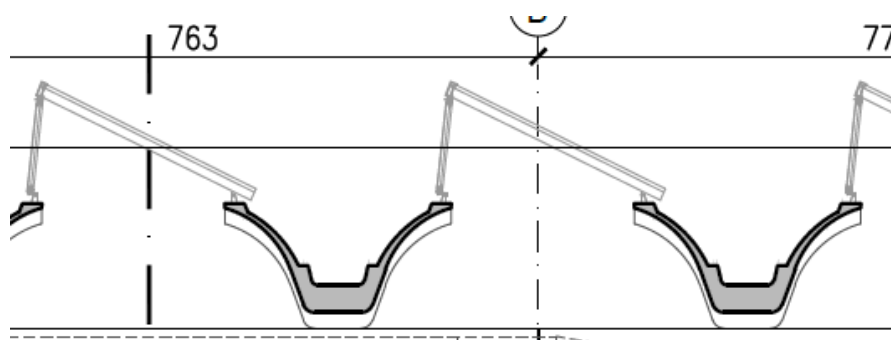


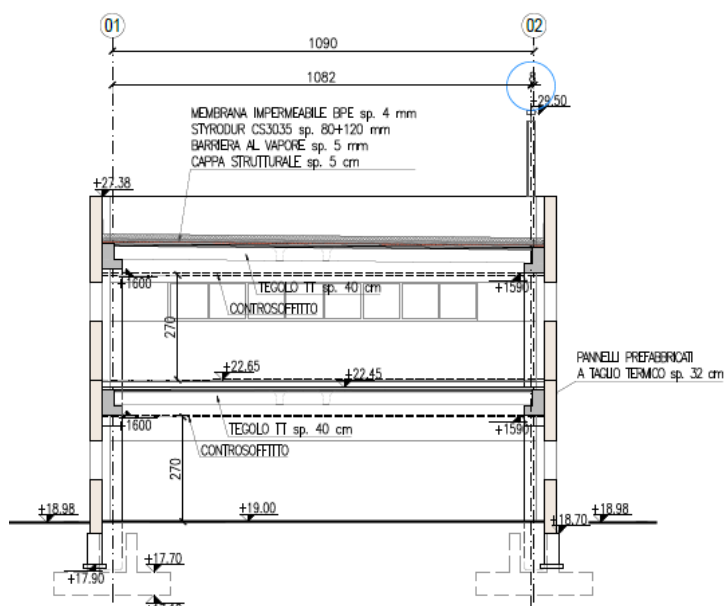
Fig.3.- Sezione trasversale della copertura a Shed

I pilastri dell'edificio 28 sono a sezione quadrata 50x50, altezza minima sotto trave di 2.75 e 6.50 m. I plinti prevedono dei bicchieri per l'innesto dei pilastri.

Le travi principali di solaio e di copertura sono a sezione a “L” di altezza 60 cm e larghezza massima 50 cm, realizzate in c.a.p. e collegate ai pilastri mediante dispositivi atti a garantire le prescrizioni del §7.4.5.2 delle NTC2018. Tali elementi hanno luce pari a 6.50 m.

Il solaio di piano e la copertura sarà realizzata con elementi binervati H=40 cm con luce di circa 11.00 m e larghi 2.50 m e per entrambi è prevista la presenza di una cappa strutturale.

Scale 1:100



Si prevede il tamponamento della struttura con pannelli verticali prefabbricati in c.a. alleggerito per gli edifici 18 e 23 e a taglio termico per l'edificio 28 e struttura autoportante. I suddetti elementi dovranno garantire le prestazioni sismiche richieste dalla norma relativamente agli elementi non strutturali in termini di resistenza e deformabilità. Inoltre i collegamenti dovranno essere realizzati perché non contribuiscano al comportamento sismico della struttura in termini di rigidezza, e dovranno essere dimensionati per poter assorbire le deformazioni previste dalla struttura (punto "b" al §7.3.6.1 delle NTC2018).

Tutta la struttura costituente il biofiltro, compresa la scala che permette l'accesso al plenum per le manutenzioni, è realizzata in calcestruzzo armato in opera.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

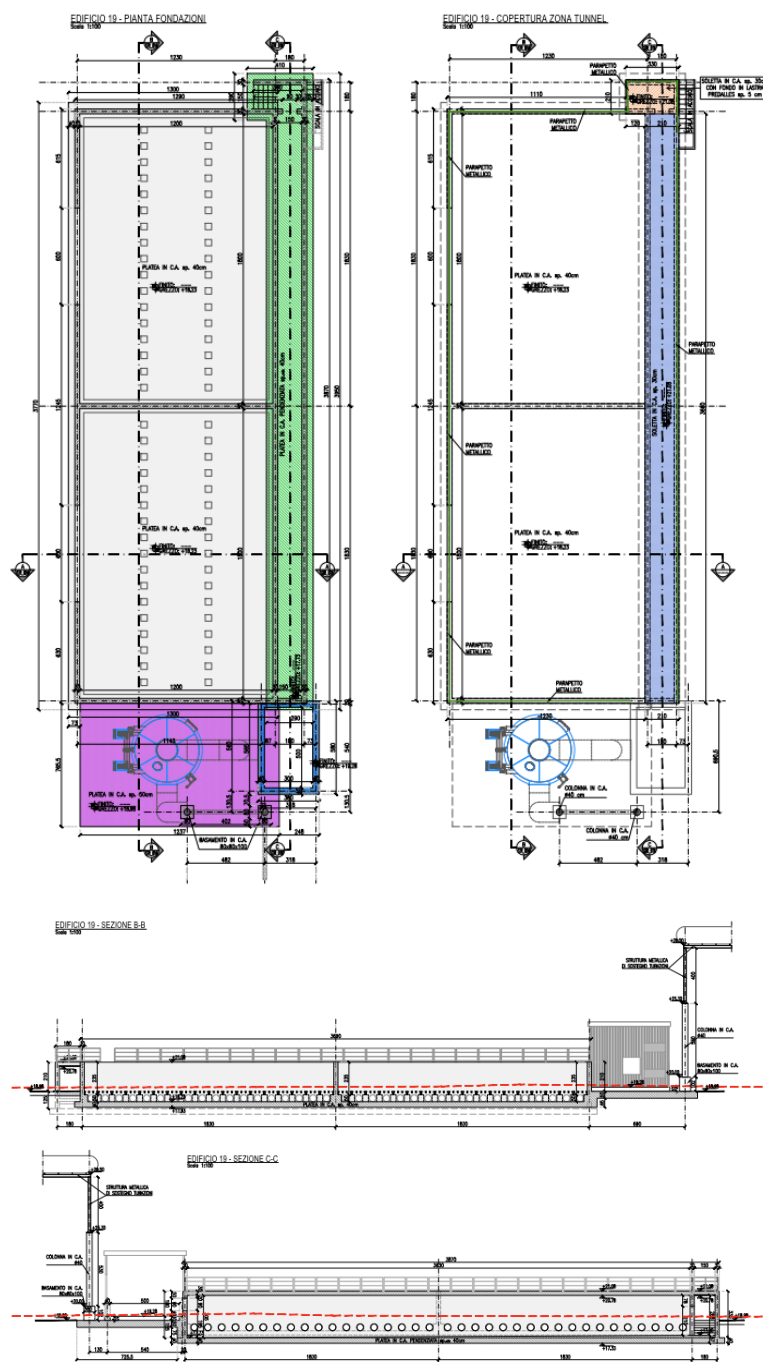


Fig.5.- Piante e sezioni biolfiltro (edificio 19)

La sezione di digestione anaerobica è composta da:

- un **digestore primario** composto da due moduli affiancati (tecnologia di trattamento a semi-secco);
- un **digestore secondario** (tecnologia di trattamento a umido).

Il digestore primario è realizzato in calcestruzzo armato realizzato in opera. La struttura di fondazione del digestore primario è costituita da una platea di spessore 60 cm, che viene integrata da pali tipo FDP Ø420 con funzione di inibitori di cedimento.

Lo spessore delle pareti verticali è di 60 cm, mentre la soletta di copertura ha uno spessore di 40 cm.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

Il digestore secondario ha una forma in pianta circolare ed è realizzato in calcestruzzo armato realizzato in opera. La struttura di fondazione del digestore secondario, costituita da una platea di spessore 40 cm, viene integrata da pali tipo FDP Ø420 con funzione di inibitori di cedimento.

La vasca in calcestruzzo armato ha un raggio utile interno pari a 13,50 m e un'altezza interna di 12,50 m, dei quali solo 11,00 m sono considerati altezza utile al fine del calcolo del volume massimo di stoccaggio.

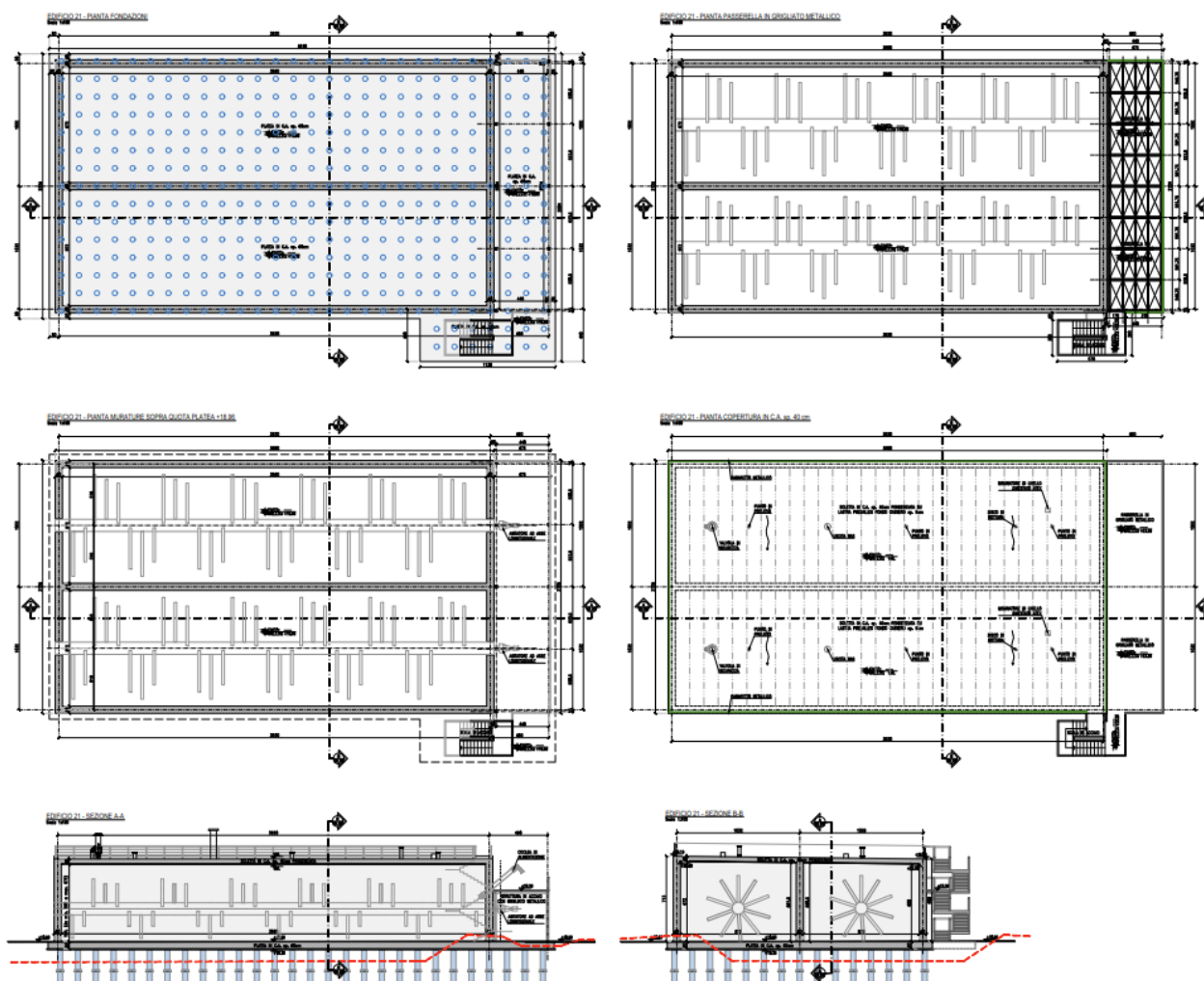


Fig.6.- Pianta e sezioni del digestore primario

Il progetto prevede la realizzazione di diverse vasche di stoccaggio delle acque di dilavamento dei piazzali, così suddivise:

- Vasche V4d e V2n (localizzate a sud dell'impianto, in prossimità del gruppo di pompaggio antincendio) le quali ricevono le acque raccolte dalle pavimentazioni provenienti dal digestore esistente, oggi convogliate alla Vasca 2, e dai nuovi piazzali in progetto;
- Vasche V4a, V4b e V4c (localizzate a sud del Capannone 3) le quali ricevono le acque provenienti da Vasca V4d una volta raggiunta la volumetria massima di stoccaggio.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

Il collegamento avviene con una tubazione a gravità posta sul filo superiore di Vasca V4d, il quale passa al di sopra della copertura di V3 esistente.

Le vasche denominate V4d e V2n sono realizzate in calcestruzzo armato realizzato in opera.

La struttura di fondazione, costituita da una platea di spessore 60 cm, viene integrata da pali tipo FDP Ø420 per costituire una fondazione di tipo misto e i pali hanno funzione di inibitori di cedimento.

Lo spessore delle pareti verticali è di 50 cm, mentre il solaio di copertura è realizzato con lastre di solaio alveolare con una soletta in calcestruzzo armato per uno spessore complessivo pari a 48 cm.

La vasca V2n, la quale si caratterizza per un volume completamente interrato, risulta in parte aperta (senza solaio di copertura) e resa pedonale con un grigliato metallico.

A perimetro delle vasche è stato realizzato un bacino di contenimento (contro-vasca) dimensionato per poter contenere la volumetria della vasca V4d in caso di perdite accidentali. Tale bacino, realizzato in calcestruzzo armato, presenta un'altezza fuori terra di 3,50m.

Le vasche denominate V4a, V4b e V4c sono realizzate in calcestruzzo armato realizzato in opera.

La struttura di fondazione (la quale interessa anche la tettoia di stoccaggio del legno) è costituita da una platea di spessore 60 cm, che viene integrata da pali tipo FDP Ø420 per costituire una fondazione di tipo misto e i pali hanno funzione di inibitori di cedimento.

Lo spessore delle pareti verticali è di 50 cm, mentre il solaio di copertura è realizzato con lastre prefabbricate di tipo alveolare integrate con una soletta in calcestruzzo armato con uno spessore complessivo pari a 48 cm (40cm spessore lastre prefabbricate + 8cm cappa).

A livello planimetrico le tre vasche hanno un ingombro di 9,50x27,50 m ciascuna con un'altezza media interna pari a 8,60m, per una capacità volumetrica complessiva di circa 6.735 m³ (2.245m³ ogni vasca).

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

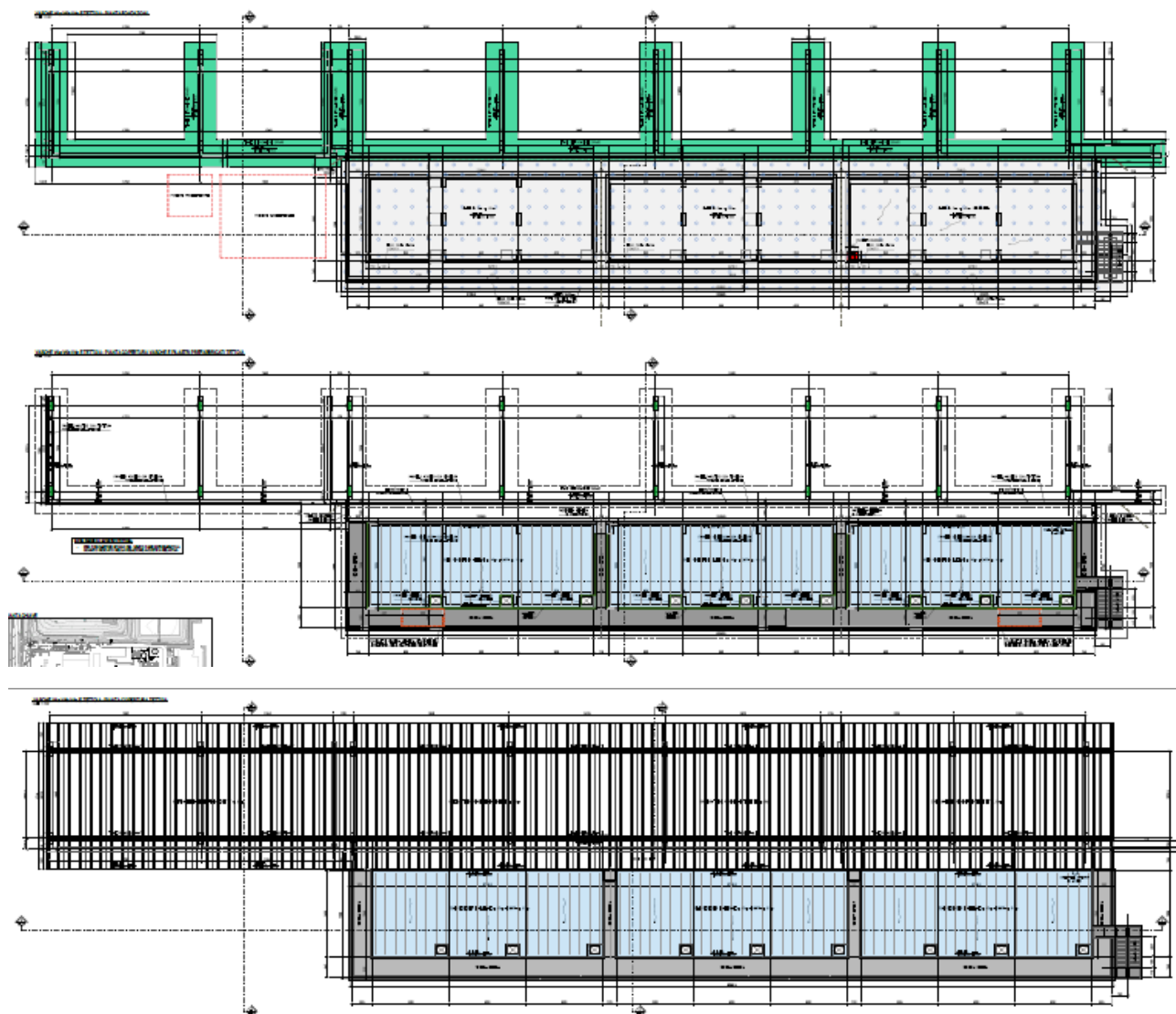


Fig.7.- Pianta delle fondazioni e delle coperture delle vasche V4a-b-c

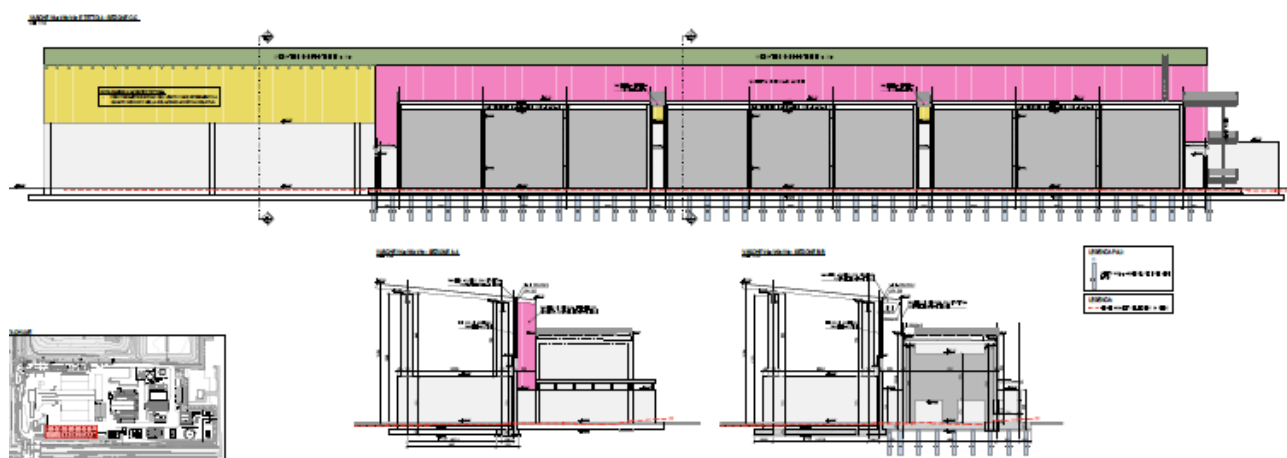


Fig.8.- Prospetti, sezioni trasversali e longitudinali delle vasche V4a-b-c

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

Le vasche denominate **V8 e V9**, funzionali rispettivamente alla miscelazione delle acque da inviare a depurazione e alla ricezione del digestato, sono realizzate in calcestruzzo armato realizzato in opera.

La struttura di fondazione è costituita da una platea di spessore 60 cm, che viene integrata da pali con funzione di inibitori di cedimento.

Lo spessore delle pareti verticali è di 50 cm, mentre il solaio di copertura è realizzato con una soletta in calcestruzzo armato dello spessore complessivo di 45 cm con lastre in Predalles come fondo cassero (40 cm spessore + 5 cm di lastra).

La copertura è realizzata con una leggera inclinazione verso il lato sud (lato Via Valle) per permettere un adeguato convogliamento ed allontanamento delle acque meteoriche.

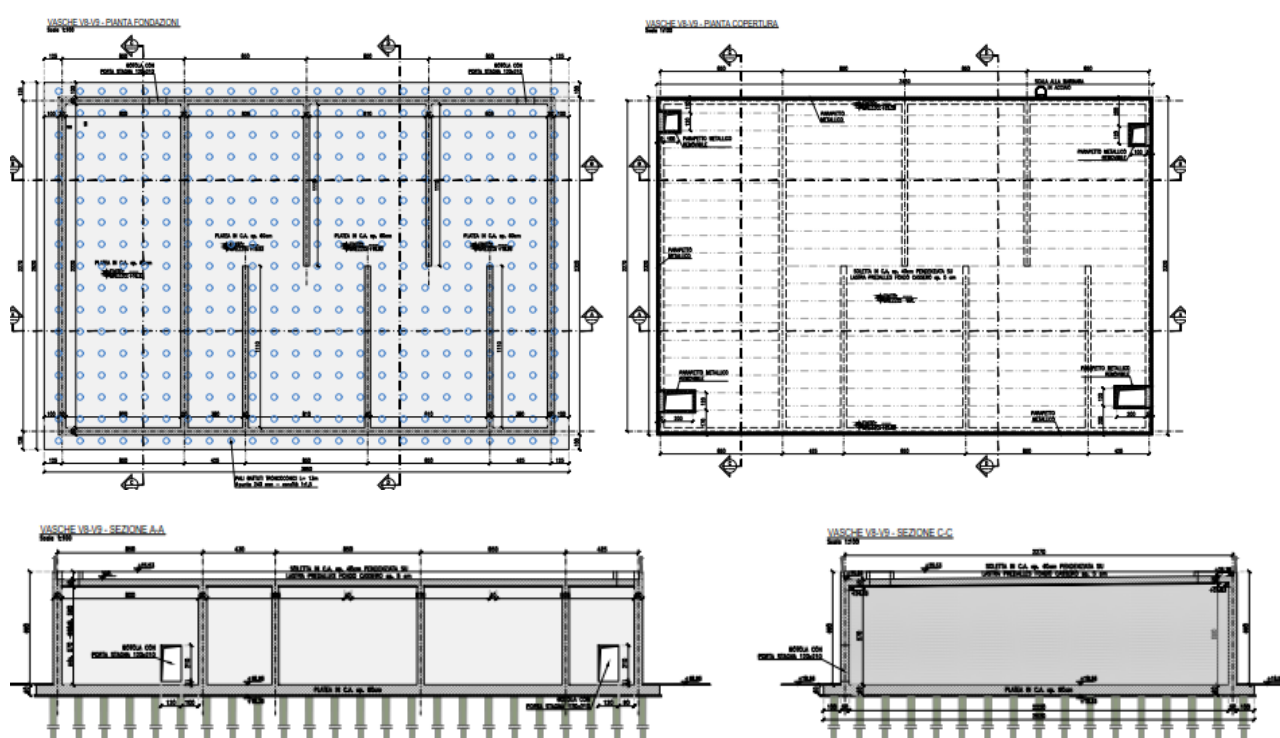


Fig.9.- Pianta e sezioni delle vasche V8 e V9

La vasca di sedimentazione (edificio 29) presenta una forma circolare in pianta con un raggio interno pari a 8,06 m e un raggio esterno di 8,56 m, ed è realizzato con una struttura in calcestruzzo armato. Le murature perimetrali presentano uno spessore dell'elemento strutturale pari a 30 cm, ai quali vanno sommati 20 cm di isolante con una finitura esterna in lamiera. La soletta di copertura è realizzata in calcestruzzo armato con spessore pari a 35 cm ed è sostenuta sia dalle pareti laterali sia da 4 pilastri di diametro pari a 50 cm posizionati al centro della vasca. La struttura di fondazione della vasca, costituita da una platea di spessore 35 cm, viene integrata da pali tipo FDP Ø420 come inibitori di cedimento.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

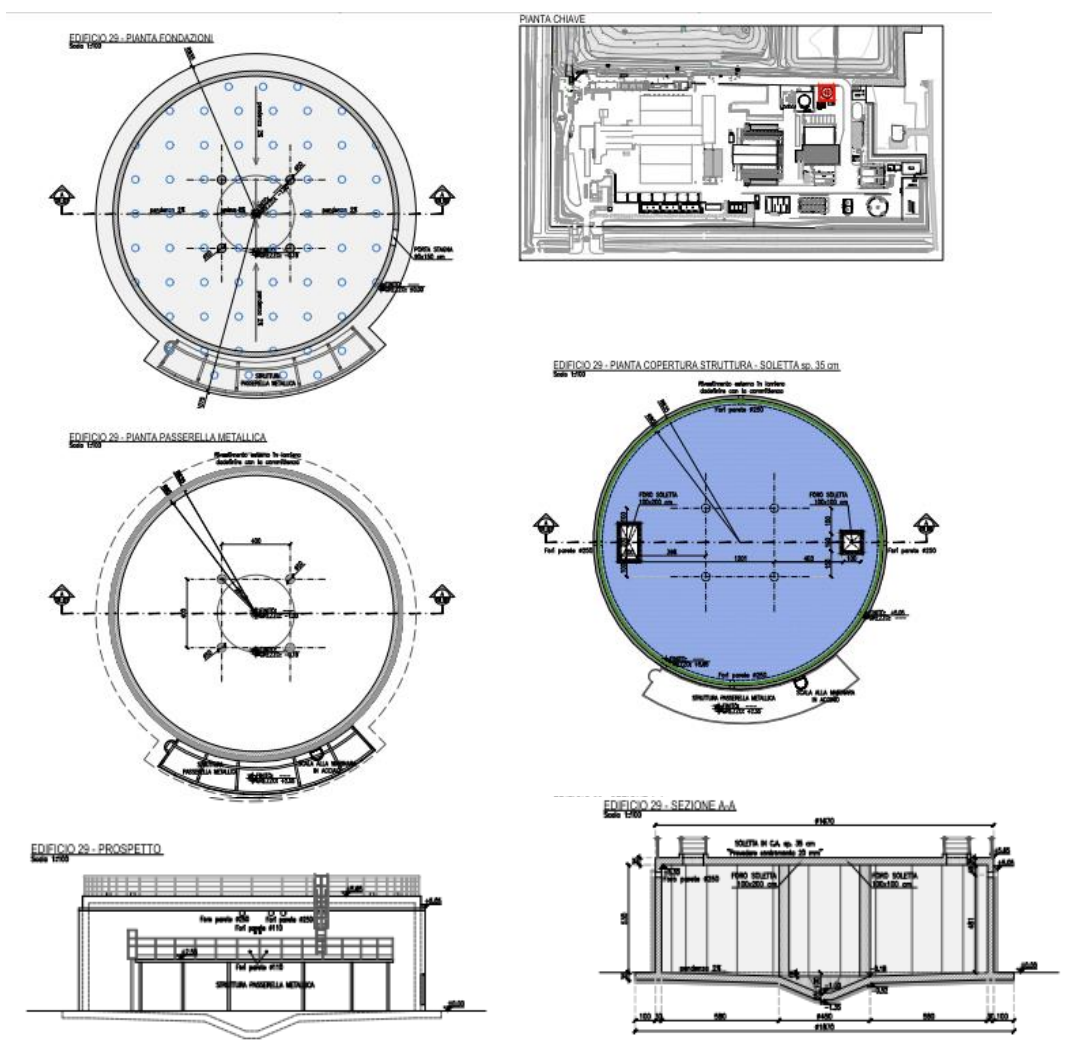


Fig.10.- Pianta, sezioni trasversali e longitudinali del sedimentatore (edificio 29)

2.11. Indicazioni dei materiali adottati

Per quel che riguarda le strutture dei capannoni 18 ,23 e 28 si è optato per strutture prefabbricate e con elementi di copertura in c.c.a. precompresso. Tali elementi sono realizzati in stabilimenti controllati e seguono rigorose procedure di qualifica che consente un livello prestazionale molto alto. La classe di esposizione per questi elementi è stata identificata come XC1 per l'edificio 28 con destinazione d'uso uffici e XA3 per i capannoni 18 e 23 relativamente di separazione e di ricezione del materiale.

Per quanto riguarda le fondazioni queste verranno realizzate in opera, ed essendo strutture interamente interrare rispettano i requisiti per la classe di esposizione XC2. La soluzione scelta consente di ridurre sensibilmente i tempi di realizzazione rispetto a una struttura realizzata in opera, incrementando notevolmente i livelli prestazionali nei confronti delle azioni di progetto, siano esse di carattere statico o dinamico.

Per quanto riguarda le vasche, i biofiltri ed i digestori si è scelto di realizzare un manufatto interamente in opera vista la tipologia di struttura. Trattasi di strutture interamente fuori terra contenenti materiali aggressivi o acque dei lavaggi dei piazzali; essendo strutture, sia di elevazione che di fondazione a contatto con materiale aggressivo, i

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

requisiti per la classe di esposizione sono XA3. Per il solaio di copertura a seconda delle luci e delle altezze dei muri, si è fatto la scelta di utilizzare solai in soletta piena o prefabbricati con classe di esposizione sempre XA3. Per la lista completa delle caratteristiche dei materiali adottati si rimanda alla relazione strutturale (STR-001).

2.12. Individuazione dei parametri sismici

È stata utilizzata un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta. Lo spettro di risposta utilizzato deriva dall'analisi di risposta sismica locale, ampiamente illustrata nella relazione geologica, per la quale si ottiene una buona approssimazione conservativa utilizzando un terreno di Categoria **C** con riferimento al par. 3.2.2 delle NTC2018. A tal fine si riporta il confronto tra lo spettro locale calcolato e quello derivante dalla categoria C.

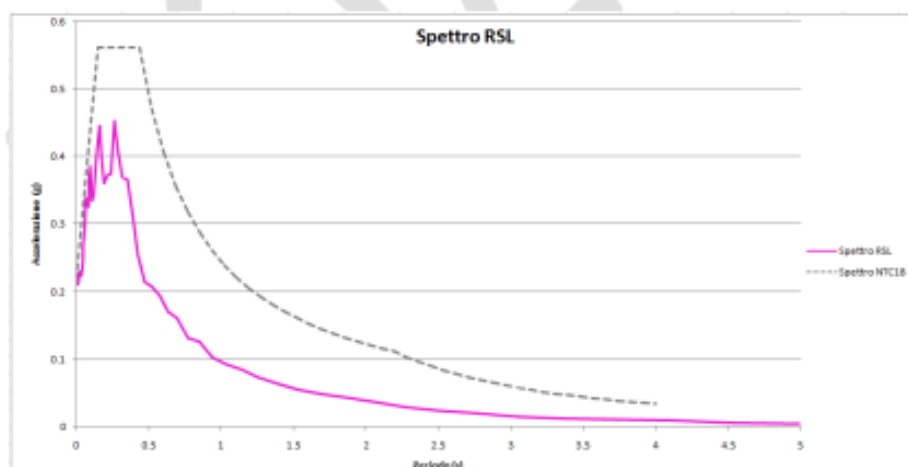


Figura 2 – confronto spettro sismico locale e spettro elastico suolo C (SLV)

Per la trattazione specifica e completa di questo aspetto si faccia riferimento alla relazione geotecnica.

2.12.1. Parametri del DM 17/01/2018: Edifici 18-23-28

Categoria suolo di fondazione: C
 Categoria Topografica: T1
 Coeff.smorzam.equivalente ξ : 5 %

Per la determinazione del coefficiente di struttura, gli edifici 18-23-28 sono stati considerati come struttura prefabbricata con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati con un fattore di struttura $q=2.5$ come di seguito riportato.

	Direzione	Tipo	Classe d'uso	V_n	C_u	V_r	Classe di duttilità	Fattore q_x	Fattore q_y
EDIFICI 18-23-28	X-Y	2	II	50	1.0	50	B	2.5	2.5

La massa propria degli elementi strutturali è inclusa nelle analisi sismiche.

	Direzione	Tipo	Classe d'uso	V _n	C _u	V _r	Classe di duttilità	Fattore qx	Fattore qy
VASCHE E BIOFILTRI	X –Y	2	II	50	1.0	50	Non dissipativa	1.5	1.5

2.12.2.2. Fattore di struttura per spettri SLD

Il valore del fattore di struttura per gli spettri SLD è stato imposto a $q_x = q_y = 1.5$.

2.13. Analisi delle interazioni tra le componenti architettoniche

Per quanto riguarda i fabbricati 18 e 23, le strutture sono state progettate in modo da consentire la massima libertà di movimento all'interno dei fabbricati, ed essendo un fabbricato adibito a ricezione e separazione non sono presenti particolari elementi architettonici all'interno se non i tamponamenti laterali. Proprio per la destinazione d'uso, questi sono considerati locali freddi e non riscaldati, pertanto non sono state fatte particolari considerazioni in merito all'efficientamento energetico. Tali considerazioni sono state invece svolte per l'edificio 28 avendo una destinazione d'uso ad uffici.

Le componenti impiantistiche in progetto all'interno dei fabbricati, saranno collegate alle strutture principali mediante sistemi certificati e che rispettino le prescrizioni del par. 7.2.4 delle NTC2018. Per i fabbricati 18 e 23 i pesi della copertura sono stati considerati in via preliminare incrementati, inserendo un carico permanente portato G2 comprensivo delle finiture in copertura e degli eventuali impianti appesi.

I **biofiltri**, destinati al trattamento delle arie esauste dai fabbricati in progetto, sono realizzati in calcestruzzo armato in opera con spessore degli elementi strutturali pari a 30 cm, per un'altezza complessiva pari a 2,10 m (altezza di riempimento del materiale biofiltrante di 2 m).

Tutta la struttura costituente il biofiltro, compresa la scala che permette l'accesso al plenum per le manutenzioni, è realizzata in calcestruzzo armato in opera.

L'accesso alla superficie del biofiltro è garantito attraverso l'installazione di una scala metallica posta sul retro del biofiltro.

Per tutto il perimetro dell'edificio è prevista l'installazione di un parapetto metallico, realizzato in modo da essere rimovibile durante le fasi di sostituzione del materiale filtrante.

All'interno delle vasche durante la fase di esercizio verrà collocato un filtro biologico costituito da materiali ligno-cellulosici (materiale biofiltrante); sul fondo di ciascuna vasca è realizzato un sistema di distribuzione dell'aria mediante pavimento in elementi prefabbricati fessurati (plotte grigliate) con grado di vuoto opportunamente studiato per consentire l'uniforme distribuzione dell'aria sotto il letto filtrante.

Questi elementi grigliati permettono il passaggio dell'aria attraverso il materiale e sono carrabili per permettere l'accesso dei mezzi (pale meccaniche) per la movimentazione del materiale filtrante e per le eventuali manutenzioni. Relativamente alla portanza del pavimento si specifica che la stessa sarà sufficiente a portare il peso del materiale filtrante e di una pala che, saltuariamente, dovrà salire sul letto filtrante per le lavorazioni e le operazioni di manutenzione. L'aria captata all'interno del capannone sarà distribuita sotto il pavimento fessurato tramite un plenum, anch'esso realizzato in c.a. e dotato di idonee pendenze per favorire il recapito delle eventuali condense ai sistemi di raccolta del percolato.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

La sezione di digestione anaerobica è composta da:

- un **digestore primario** composto da due moduli affiancati (tecnologia di trattamento a semi-secco);
- un **digestore secondario** (tecnologia di trattamento a umido).

Il digestore primario si compone di due moduli affiancati sul lato lungo, per cui in pianta viene indicato come un unico edificio (edificio 21) ma suddiviso al suo interno in due settori.

Il digestore primario è realizzato in calcestruzzo armato realizzato in opera. La struttura di fondazione del digestore primario è costituita da una platea di spessore 60 cm, che viene integrata da pali tipo FDP Ø420 con funzione di inibitori di cedimento.

Lo spessore delle pareti verticali è di 60 cm, mentre la soletta di copertura ha uno spessore di 40 cm.

La copertura è realizzata con una leggera inclinazione verso il lato sud (lato Via Valle) per permettere un adeguato convogliamento e l'allontanamento delle acque meteoriche.

Ogni modulo ha dimensioni interne pari a 9,72x35,6 m e altezza interna compresa tra 6,72 m e 6,5 m., mentre esternamente le dimensioni complessive in pianta sono di 36,8 x 21,24 m con un'altezza variabile tra 6,89m e 7,13 m.

Il digestore (inteso come un unico edificio composto dai due moduli) è stato dimensionato in modo da garantire la permanenza del materiale pretrattato per un periodo di 15 giorni, destinando un'altezza utile di stoccaggio pari a 5,50 m e lasciando un'altezza libera di almeno 1 m per lo strato di biogas che si viene a creare all'interno delle camere di fermentazione.

Oltre alle strutture in cemento armato si rileva la presenza di strutture metalliche prefabbricate utilizzate per la realizzazione della scala (che permette anche l'accesso in copertura) e della passerella posta a quota +4,31 m, necessaria per garantire il corretto svolgimento delle operazioni di manutenzione alle coclee di caricamento del digestore stesso.

Il digestore secondario ha una forma in pianta circolare ed è realizzato in calcestruzzo armato realizzato in opera. La struttura di fondazione del digestore secondario, costituita da una platea di spessore 40 cm, viene integrata da pali tipo FDP Ø420 con funzione di inibitori di cedimento.

Lo spessore delle pareti verticali è di 40 cm.

La struttura di copertura è realizzata in legno (travi e assito) e sostenuta in parte dalla muratura in calcestruzzo della vasca e in parte dal pilastro posto al centro del digestore, realizzato anch'esso in calcestruzzo armato.

Al di sopra della struttura di copertura, a chiusura del sistema digestore, viene posizionato un doppio telo in PVC (gasometro). La presenza della struttura di copertura garantisce che il telo intero in PVC non venga in contatto con il materiale in fase di trattamento.

Esternamente il digestore è rivestito con lamiera trapezoidale isolante, mentre all'interno della vasca, lungo le pareti perimetrali, è stato installato un sistema di riscaldamento a parete.

La vasca in calcestruzzo armato ha un raggio utile interno pari a 13,50 m e un'altezza interna di 12,50 m, dei quali solo 11,00 m sono considerati altezza utile al fine del calcolo del volume massimo di stoccaggio.

Il gasometro può raggiungere un'altezza massima di circa 2 m sopra al filo della vasca in cemento raggiungendo così un'altezza complessiva del digestore di circa +14,50 m rispetto la quota del piazzale.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

Lungo il lato nord si evidenzia la presenza di una scala e di una passerella a struttura metallica necessaria al raggiungimento della quota alla quale sono installati i camini e le valvole di sicurezza dell'impianto di digestione anaerobica secondaria. La scala e il ballatoio metallico sono protetti da parapetti metallici con altezza pari ad almeno 1,00 m.

Il digestore è stato dimensionato in modo da garantire uno stoccaggio di materiale per almeno 25 giorni di trattamento anaerobico del materiale, in aggiunta a quelli trascorsi nella fase di digestione primaria.

Al fine di ridurre le emissioni rumorose degli agitatori dei digestori è previsto l'inserimento di barriere fonoassorbenti, per maggiori dettagli circa il posizionamento e caratteristiche tecniche degli elementi utilizzati si rimanda alla relazione di impatto acustico allegata al presente progetto.

Lungo il perimetro del digestore secondario e lungo il lato nord del digestore primario è stata prevista una recinzione realizzata con elementi prefabbricati in cemento (tipo "New Jersey") e rete metallica; questa recinzione posta ad almeno 4.00 metri dai manufatti funge da elemento di protezione. In particolare, nel caso del digestore secondario, è previsto l'inserimento di n. 4 cancelli metallici che garantiscono l'accesso al personale per le operazioni di controllo e manutenzione.

Trattandosi di tecnologie coperte da brevetto e caratterizzate da dimensioni e peculiarità tecniche e meccaniche tipiche per ogni singolo fornitore, si sottolinea fin da ora che le specifiche dei digestori potranno variare a seconda del fornitore relativamente alla tecnologia anaerobica offerta; pertanto le dimensioni riportate nelle descrizioni e nei disegni sopra riportati (e dei quali viene data evidenza anche nelle specifiche tavole architettoniche ARC_008 e ARC_009) sono da ritenersi come indicative al fine di garantire il corretto funzionamento dell'impianto secondo i dati di input forniti dalla committenza.

Il progetto prevede la realizzazione di diverse **vasche di stoccaggio** delle acque di dilavamento dei piazzali, così suddivise:

- Vasche **V4d e V2n** (localizzate a sud dell'impianto, in prossimità del gruppo di pompaggio antincendio) le quali ricevono le acque raccolte dalle pavimentazioni provenienti dal digestore esistente, oggi convogliate alla Vasca 2, e dai nuovi piazzali in progetto;
- Vasche **V4a, V4b e V4c** (localizzate a sud del Capannone 3) le quali ricevono le acque provenienti da Vasca V4d una volta raggiunta la volumetria massima di stoccaggio.

Il collegamento avviene con una tubazione a gravità posta sul filo superiore di Vasca V4d, il quale passa al di sopra della copertura di V3 esistente.

Le vasche denominate **V4d e V2n** sono realizzate in calcestruzzo armato realizzato in opera.

La struttura di fondazione, costituita da una platea di spessore 60 cm, viene integrata da pali tipo FDP Ø420 per costituire una fondazione di tipo misto e i pali hanno funzione di inibitori di cedimento.

Lo spessore delle pareti verticali è di 50 cm, mentre il solaio di copertura è realizzato con lastre di solaio alveolare con una soletta in calcestruzzo armato per uno spessore complessivo pari a 48 cm.

La copertura presenta una leggera inclinazione verso il lato sud (lato via Valle) per permettere un adeguato convogliamento e l'allontanamento delle acque meteoriche.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

La vasca V2n, la quale si caratterizza per un volume completamente interrato, risulta in parte aperta (senza solaio di copertura) e resa pedonale con un grigliato metallico.

A perimetro delle vasche è stato realizzato un bacino di contenimento (contro-vasca) dimensionato per poter contenere la volumetria della vasca V4d in caso di perdite accidentali. Tale bacino, realizzato in calcestruzzo armato, presenta un'altezza fuori terra di 3,50m.

Al fine di agevolare le operazioni di pulizia e manutenzione dei vari settori di vasca V4d sono state inserite n.3 porte (una per ogni singolo settore, posizionate lungo il lato sud) di dimensione 1,20x2,10 m oltre a n.3 passi d'uomo in copertura.

L'accesso all'interno della contro-vasca di contenimento avviene attraverso 2 aperture pedonali (una posta lungo il lato est e l'altra lungo il lato ovest di dimensione pari a 1,20x2,10 m) a tenuta stagna.

Per le operazioni di pulizia della contro vasca e delle singole vasche si prevede l'inserimento di un mezzo il quale sarà sollevato e direttamente calato all'interno del bacino di contenimento lungo il lato est (ovvero dove non vi è la presenza della tettoia metallica di copertura).

La contro-vasca di contenimento è coperta sui lati nord, ovest ed est con una tettoia metallica (altezza utile sotto tettoia pari a 4,35 m), fissata ove possibile alle pareti della vasca e della contro-vasca, oppure sostenuta da pilastri metallici nei lati ovest e sud dove il muro della contro vasca presenta un'altezza di 3,50m.

Lungo il lato nord il muro della contro-vasca assume la duplice funzione sia di bacino di contenimento di eventuali sversamenti sia muro di stoccaggio con un'altezza pari a 5,00m.

L'accesso al di sopra delle vasche è garantito attraverso l'installazione di una scala a gabbia metallica posta sul lato est delle stesse. Al fine di garantire un accesso in sicurezza è prevista l'installazione di un parapetto metallico lungo tutto il perimetro delle vasche. La tettoia metallica a protezione della contro-vasca, al contrario, non è prevista come copertura calpestabile.

tenuta stagna.

Per le operazioni di pulizia della contro vasca e delle singole vasche si prevede l'inserimento di un mezzo il quale sarà sollevato e direttamente calato all'interno del bacino di contenimento lungo il lato est (ovvero dove non vi è la presenza della tettoia metallica di copertura).

Le vasche denominate **V4a, V4b e V4c** sono realizzate in calcestruzzo armato realizzato in opera.

La struttura di fondazione (la quale interessa anche la tettoia di stoccaggio del legno) è costituita da una platea di spessore 60 cm, che viene integrata da pali tipo FDP Ø420 per costituire una fondazione di tipo misto e i pali hanno funzione di inibitori di cedimento.

Lo spessore delle pareti verticali è di 50 cm, mentre il solaio di copertura è realizzato con lastre prefabbricate di tipo alveolare integrate con una soletta in calcestruzzo armato con uno spessore complessivo pari a 48 cm (40cm spessore lastre prefabbricate + 8cm cappa).

La copertura presenta una leggera inclinazione verso il lato sud (lato Via Valle) per permettere un adeguato convogliamento e l'allontanamento delle acque meteoriche.

A livello planimetrico le tre vasche hanno un ingombro di 9,50x27,50 m ciascuna con un'altezza media interna pari a 8,60m, per una capacità volumetrica complessiva di circa 6.735 m³ (2.245m³ ogni vasca).

All'interno di ogni vasca sono realizzati 2 setti di irrigidimento forati per permettere il passaggio dell'acqua in tutta la superficie della vasca.

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

Tra le vasche è stato lasciato un corridoio libero di 1,20m per permettere operazioni di manutenzione e pulizia. Anche in questo caso a perimetro delle vasche è stato realizzato un bacino di contenimento (contro-vasca) dimensionato per poter contenere la volumetria (di almeno una delle tre vasche) in caso di perdite accidentali. Tale bacino, realizzato in calcestruzzo armato, è caratterizzato da un'altezza fuori terra di 3,50m.

Al fine di agevolare le operazioni di pulizia e manutenzione delle varie vasche sono state inserite n.3 porte (una per ogni singola vasca, posizionate lungo il lato sud) di dimensione 1,20x2,10 m oltre a n. 9 passi d'uomo in copertura (tre per ogni vasca). L'accesso all'interno della contro-vasca di contenimento avviene attraverso 2 aperture posizionate lungo il lato sud.

Tutta l'impronta in pianta della contro-vasca è stata coperta con una tettoia metallica con altezza utile di 4,35 m. Nello spazio libero tra le vasche la copertura è stata fissata a muro, mentre nei lati a contorno (dove la tettoia deve appoggiarsi al muretto di contenimento) la tettoia risulta sorretta da pilastrature in profili metallici.

Per le operazioni di pulizia della contro vasca e delle singole vasche si prevede l'inserimento di un mezzo meccanico il quale sarà sollevato e direttamente calato all'interno del bacino di contenimento lungo il lato sud, previo smontaggio della tettoia metallica di copertura. Sono previsti due punti di inserimento del mezzo, uno davanti a vasca V4a e uno davanti a vasca V4c; in questi punti la tettoia di copertura è realizzata in modo da poter essere rimossa durante le fasi di pulizia e successivamente, dopo la rimozione del mezzo inserito, riposizionata.

Le vasche denominate **V8 e V9**, funzionali rispettivamente alla miscelazione delle acque da inviare a depurazione e alla ricezione del digestato, sono realizzate in calcestruzzo armato realizzato in opera.

La struttura di fondazione è costituita da una platea di spessore 60 cm, che viene integrata da pali per costituire una fondazione di tipo misto.

Lo spessore delle pareti verticali è di 50 cm, mentre il solaio di copertura è realizzato con una soletta in calcestruzzo armato dello spessore complessivo di 45 cm con lastre in Predalles come fondo cassero (40 cm spessore + 5 cm di lastra).

La copertura è realizzata con una leggera inclinazione verso il lato sud (lato Via Valle) per permettere un adeguato convogliamento ed allontanamento delle acque meteoriche.

A livello planimetrico le due vasche hanno un ingombro complessivo di 34,5x23,20 m, mentre a livello volumetrico le vasche sono state dimensionate come segue:

- V8: capacità volumetrica di circa 1.030 m3 (dimensioni nette della vasca 8,0x22,2x5,8m);
- V9: capacità volumetrica complessiva di circa 3.220 m3, (dimensioni nette della vasca 25,0x22,2x5,8m).

La vasca V9 al suo interno presenta setti sfalsati ("a pettine") necessari per l'irrigidimento strutturale. Per la loro configurazione, tali setti consentono il passaggio dell'acqua in tutta la superficie della vasca.

La vasca V8 non presenta suddivisioni al suo interno. Tale vasca, denominata di miscelazione, riceve e mescola al suo interno le acque provenienti dalla vasca V9 e le acque meteoriche contaminate (acque di dilavamento dei piazzali). Dalla vasca V8 le acque vengono poi inviate al depuratore di San Marino.

Il digestato raccolto in vasca V9 viene successivamente pompato in vasca V8 dove viene miscelato, con le acque provenienti da vasca V4d e V4 a-b-c, e successivamente inviato al Depuratore di San Marino.

Al fine di agevolare le operazioni di pulizia e manutenzione delle vasche V8 e V9, all'interno delle quali vengono convogliati liquidi non privi di impurità, sono state inserite n.2 porte (una per ogni vasca) di dimensione 1,20x2,10

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

m oltre a n. 4 passi d'uomo in copertura, due dei quali dimensionati per il passaggio di una barella in caso di emergenza.

L'accesso al di sopra delle vasche sarà garantito attraverso l'installazione di una scala a gabbia metallica posta sul lato sud delle stesse. Al fine di garantire un accesso in sicurezza è prevista l'installazione di un parapetto metallico lungo tutto il perimetro delle vasche.

La vasca di sedimentazione (edificio 29) è stata realizzata sul modello del fermentatore esistente a eccezione per il sistema di copertura, infatti la nuova vasca non presenta il gasometro (copertura con telo) ma una soletta in calcestruzzo armato.

L'edificio presenta una forma circolare in pianta con un raggio interno pari a 8,06 m e un raggio esterno di 8,56 m, ed è realizzato con una struttura in calcestruzzo armato.

Le murature perimetrali presentano uno spessore dell'elemento strutturale pari a 30 cm, ai quali vanno sommati 20 cm di isolante con una finitura esterna in lamiera. La soletta di copertura è realizzata in calcestruzzo armato con spessore pari a 35 cm ed è sostenuta sia dalle pareti laterali sia da 4 pilastri di diametro pari a 50 cm posizionati al centro della vasca.

La struttura di fondazione della vasca, costituita da una platea di spessore 35 cm, viene integrata da pali tipo FDP Ø420 come inibitori di cedimento.

Lungo il lato sud si evidenzia la presenza di una scala alla marinara e di una passerella a struttura metallica necessaria al raggiungimento della quota alla quale sono ubicati gli oblò di ispezione e le valvole di sicurezza dell'impianto. Dalla passerella metallica, attraverso l'installazione di un'ulteriore scala alla marinara è possibile raggiungere la copertura della vasca.

Le scale e il ballatoio metallico sono protetti grazie all'installazione di parapetti metallici con altezza pari ad almeno 1,00 m.

2.14. Criteri di regolarità in pianta

Trattandosi di edifici ad uso industriale, la destinazione d'uso ha facilitato la progettazione strutturale, garantendo forme il più possibili regolari sia in altezza che in pianta. I due capannoni 18 e 23 e l'edificio 28 (uffici) sono a pianta rettangolare con una maglia di pilastri regolare e campate uniformi.

Le strutture delle vasche, dei biofiltri e dei digestori seguono anch'esse criteri di regolarità, essendo realizzate a un solo piano e realizzate tutte in c.a con pianta rettangolare, ma vengono studiate in campo elastico.

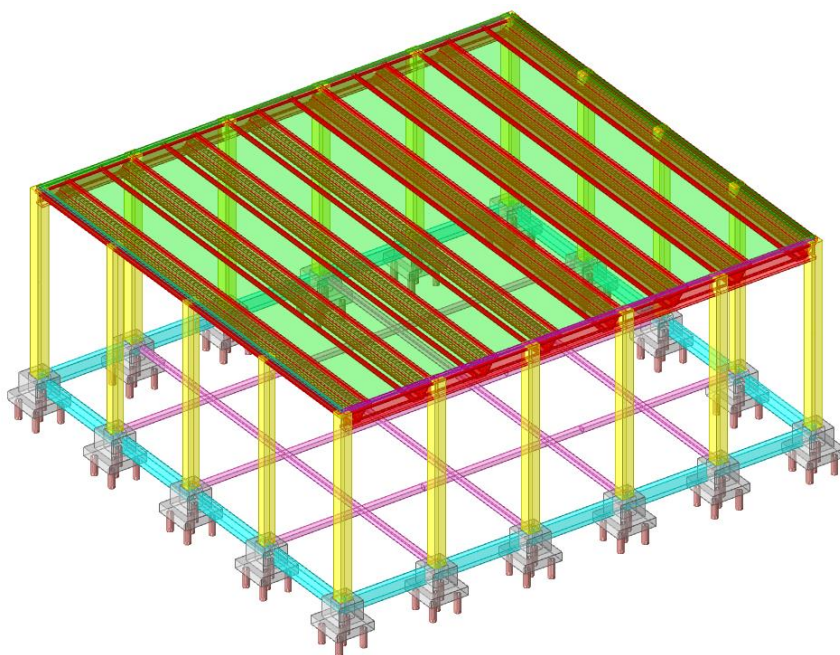
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

Tali geometrie hanno consentito di escludere le strutture da fenomeni di torsione planare, che risultano molto gravosi per gli elementi verticali delle strutture.

2.15. Dimensionamenti delle strutture

La Modellazione Numerica di tutte le strutture, la rielaborazione dei risultati dell'analisi agli Elementi Finiti, la progettazione-verifica degli elementi strutturali sono state condotte utilizzando il programma **Sismicad** realizzato dalla **Concrete di Padova**. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale elastoplastico fornito con il pacchetto. Il programma e' sostanzialmente diviso in tre moduli: un preprocessore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input ai solutori; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output. Il modulo Verifica Sezioni consente di effettuare la verifica di sezioni in cemento armato, di forma generica, soggette a pressoflessione deviata facendo uso del metodo agli stati limite ultimi o alle tensioni ammissibili secondo le direttive imposte dall'attuale normativa.

Si riportano di seguito immagini dei modelli di calcolo di alcuni edifici.



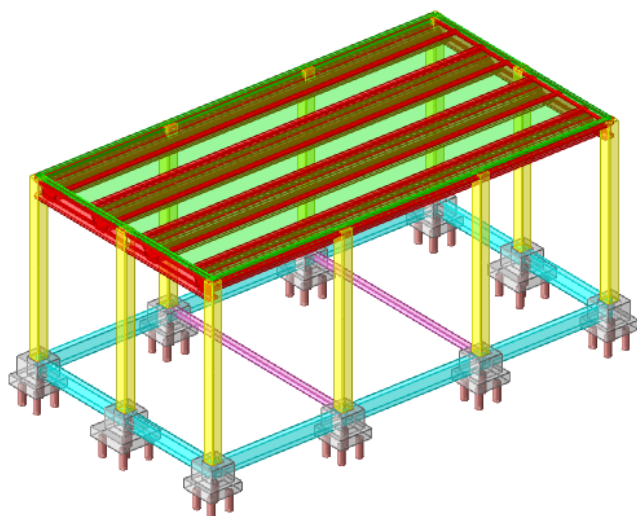


Fig.11.- Immagine 3D del modello numerico del capannone 18 e 23

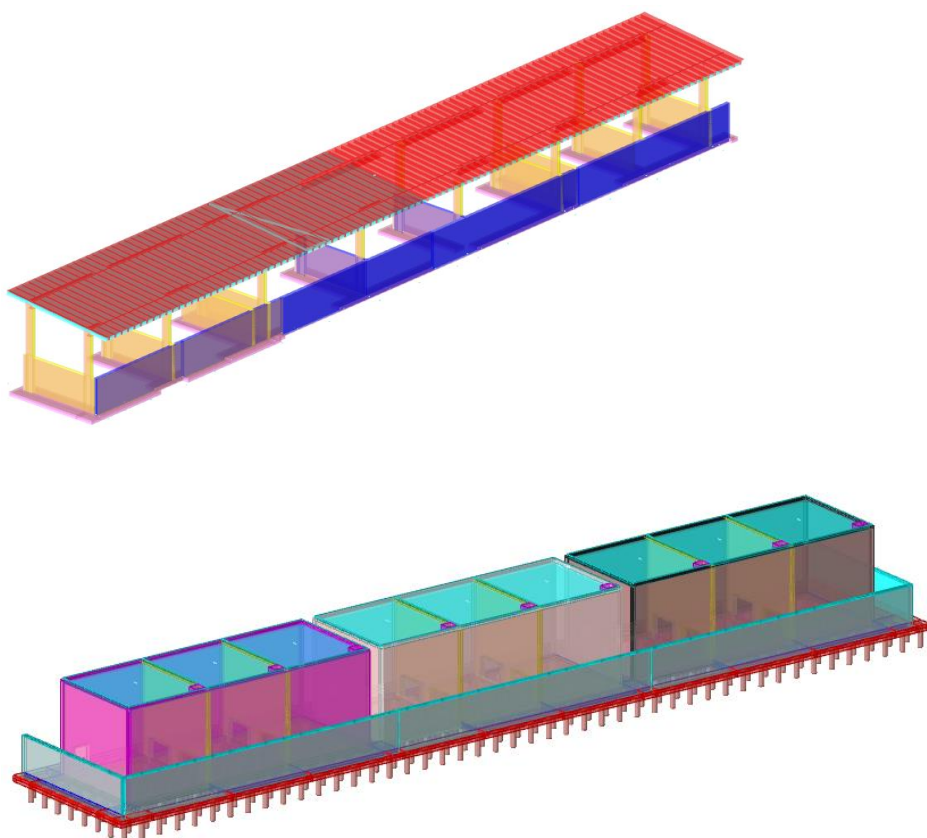


Fig.12.- Immagine 3D del modello della tettoia e delle vasche V4a-b-c

I modelli degli edifici prefabbricati sono stati realizzati con elementi monodimensionali beam e truss per tutte le parti strutturali prefabbricate. Gli elementi di tamponamento verticali e orizzontali sono stati modellati come carichi lineari sulle travi di copertura per considerare la loro massa sugli elementi strutturali.

Le fondazioni sono state calcolate con elementi puntuali definiti dal software (plinti), ai quali viene assegnata una rigidezza alla traslazione e alle rotazioni nelle 3 direzioni a partire dai dati di input delle caratteristiche elastiche del

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

terreno assunto con il modello alla Winkler. In questo caso specifico, trattandosi di plinti su pali, la rigidezza viene definita a partire dal limite di cedevolezza del palo sottoposto a carico di punta. Si rimanda alla relazione geotecnica per il calcolo della portanza delle fondazioni.

Sono inoltre stati inseriti i cordoli reggi-pannello, considerati come elementi beam collegati ai plinti e su supporto elastico alla Winkler.

Per il modello dei biofiltri, dei digestori e delle vasche sono stati eseguite le medesime considerazione per gli elementi monodimensionali ma trattandosi di strutture realizzate in opera con muri in c.a. e solai in opera è stato calcolato con elementi bidimensionali shell. Trattandosi di elementi contenenti acque meteoriche per le vasche e materiale di stoccaggio per i biofiltri e i digestori, sono state considerate le spinte di tali materiali derivanti dal riempimento di tali manufatti, nonché gli effetti impulsivi del fluido all'interno delle vasche. In merito poi alle fondazioni, trattandosi di platee su pali aventi questi la funzione di limitare i cedimenti, sono state modellate come piastre con vincoli rigidi.

Per la trattazione completa del dimensionamento di tutte le strutture si rimanda agli elaborati strutturali STR-01. Al fine di validare il calcolo effettuato con il programma Sismicad si riporta un calcolo manuale del periodo del primo modo di vibrare degli edifici principali e cioè edificio 18, 23 e vasche V4a-b-c.

2.15.1. Capannone 18

In via semplificata si calcola la massa di piano e viene eseguita una analisi statica equivalente considerando la copertura rigida planarmente.

Il peso sismico totale risulta quindi pari a quello della copertura (estesa per 36.10x33.20 m) sommato all'area di influenza dei pannelli verticali, compresa la veletta superiore di altezza 1.60-2.00 m.

DIMENSIONI			RIGIDEZZA			RIGIDEZZA		
L1	36.1	m	n.pil	12		n.pil	3	
L2	33.2	m	b	0.8	m	b	0.6	m
HTOT	15.0	m	h	0.8	m	h	0.8	m
G1	3.00	KN/m2	Hpil	13	m	Hpil	13	m
G2	1.20	KN/m2	E	36416	Mpa	E	36416	Mpa
G1, pan	3.70	KN/m2	J	0.0341	m4	Jx	0.0144	m4
						Jy	0.0256	m4
Wtot	11729.4	KN	Ktot1	20347.88		Kytot	3818.956	
						Kxtot	2148.163	
						K totmed	2983.559	

$$W_{tot} = 11729 \text{ kN} \quad m = \frac{W_{tot}}{g} = 1196 \text{ ton}$$

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

Ai fini della rigidezza si trascurano i pilastri reggitamponamento vengono considerato al 50 %; i pilastri sono considerati come mensole incastrate alla base, pertanto la loro rigidezza può essere valutata come:

$$K_{tot} = 12 \frac{3EJ}{h^3} + 3 \frac{3EJ}{h^3} = (20347 + 2983) = 23331 \text{ kN/m}$$

In analogia a un oscillatore semplice si può calcolare il periodo del primo modo di vibrare come:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} = 1.422 \text{ s}$$

Il valore del periodo del primo modo di vibrare è nell'ordine di grandezza di quanto ottenuto dall'analisi FEM di cui si riporta l'estratto.

Risposta modale

Modo: identificativo del modo di vibrare.

Periodo: periodo. [s]

Massa X: massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.

Massa Y: massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

Massa Z: massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

Massa rot. X: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.

Massa rot. Y: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

Massa rot. Z: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

Massa sX: massa partecipante in direzione Sisma X. Il valore è adimensionale.

Massa sY: massa partecipante in direzione Sisma Y. Il valore è adimensionale.

Totale masse partecipanti:

Traslazione X: 0.962121

Traslazione Y: 0.919582

Traslazione Z: 0

Rotazione X: 0.998366

Rotazione Y: 0.999563

Rotazione Z: 0.61917

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot. X	Massa rot. Y	Massa rot. Z	Massa sX	Massa sY
1	1.454155052	0	0.51755047	0	0.712056145	0	0.167520545	0	0.51755047
2	1.407386019	0.59545584	0	0	0	0.817240286	0.16204	0.59545584	0
3	1.290863696	0	0.199662934	0	0.231131593	0	0.064387648	0	0.199662934
4	1.172079644	0.000000286	0	0	0	0.000000419	0.008485764	0.000000286	0
5	1.15284366	0	0.039249785	0	0.040615592	0	0.013722189	0	0.039249785
6	1.005689945	0.161186097	0	0	0	0.167537618	0.043508827	0.161186097	0
7	0.181911371	0	0.162818457	0	0.014562707	0	0.052237021	0	0.162818457
8	0.157184255	0.161987019	0	0	0	0.012234724	0.037371678	0.161987019	0
9	0.069628307	0.043487818	0	0	0	0.001550388	0.069456321	0.043487818	0

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

2.15.2. Capannone 23

In via semplificata si calcola la massa di piano e viene eseguita una analisi statica equivalente considerando la copertura rigida planarmente.

Il peso sismico totale risulta quindi pari a quello della copertura (estesa per 30x16.46 m) sommato all'area di influenza dei pannelli verticali, compresa la veletta superiore di altezza di circa 2 m.

Ai fini della rigidezza i pilastri reggitamponamento vengono considerati al 50 % e pertanto si considerano in tutto 9 pilastri.

DIMENSIONI			RIGIDEZZA		
L1	30.00	m	n.pil	9	
L2	16.46	m	b	0.7	m
HTOT	13.2	m	h	0.7	m
G1	3.30	KN/m2	Hpil	11.3	m
G2	1.20	KN/m2	E	36416	Mpa
G1, pan	3.70	KN/m2	J	0.02	m4
Wtot	7196.7528	KN	Ktot	13628.58	

$$W_{tot} = 7197 \text{ kN} \quad m = \frac{W_{tot}}{g} = 734 \text{ ton}$$

I pilastri sono considerati come mensole incastrate alla base, pertanto la loro rigidezza può essere valutata come:

$$K_{tot} = 9 \frac{3EI}{h^3} = 13628 \text{ kN/m}$$

In analogia a un oscillatore semplice si può calcolare il periodo del primo modo di vibrare come:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} = 1.457 \text{ s}$$

Il valore del periodo del primo modo di vibrare è nell'ordine di grandezza di quanto ottenuto dall'analisi FEM.
 di cui si riporta l'estratto.

Risposta modale

Modo: identificativo del modo di vibrare.

Periodo: periodo. [s]

Massa X: massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.

Massa Y: massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

Massa Z: massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

Massa rot. X: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.

Massa rot. Y: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

Massa rot. Z: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

Massa sX: massa partecipante in direzione Sisma X. Il valore è adimensionale.

Massa sY: massa partecipante in direzione Sisma Y. Il valore è adimensionale.

Totale masse partecipanti:

Traslazione X: 0.977666

Traslazione Y: 0.968889

Traslazione Z: 0

Rotazione X: 0.99927

Rotazione Y: 0.999548

Rotazione Z: 0.812586

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot. X	Massa rot. Y	Massa rot. Z	Massa sX	Massa sY
1	1.446414345	0	0.56319904	0	0.746630603	0	0.312291616	0	0.56319904
2	1.446414345	0.564496722	0	0	0	0.736154476	0.059419031	0.564496722	0.56319904
3	1.394487562	0.000000002	0.000083205	0	0.000108423	0.000000003	0.171731067	0.000000002	0.000083205
4	1.032774161	0.225964162	0	0	0	0.248835031	0.023779687	0.225964162	0
5	0.997500363	0	0.234280232	0	0.239807436	0	0.129370351	0	0.234280232
6	0.960084113	0.000000043	0.00005249	0	0.00005439	0.000000033	0.000095009	0.000000043	0.00005249
7	0.166394356	0.148397819	0.00000024	0	0.000000019	0.012832965	0.015479597	0.148397819	0.00000024
8	0.155499963	0.000000406	0.171320432	0	0.012717789	0.000000031	0.09062599	0.000000406	0.171320432
9	0.098152314	0.038806677	0.000000368	0	0.000000019	0.001725014	0.004793743	0.038806677	0.000000368

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica strutturale

2.15.3. Vasca V4 a-b-c

In via semplificata si calcola la massa di piano e viene eseguita una analisi statica equivalente considerando la copertura rigida planarmente. L'analisi viene effettuata in direzione Y.

Le tre vasche sono state modellate assieme anche se sono completamente disgiunte

Il peso sismico totale risulta quindi pari a quello della copertura (estesa per 27.50x10.40 m) sommato all'area di influenza dei muri (si considera un'altezza media di 4.5m).

direzione Y								
DIMENSIONI			RIGIDEZZA			RIGIDEZZA		
L1	27,50	m	pareti x	2		pareti y	4	
L2	10,4	m	b	27,5	m	b	0,5	m
HTOT	9,5	m	h	0,5	m	h	10,4	m
G1	8,00	KN/m2	Hparete cons	9	m	Hparete c	9	m
G2	1,20	KN/m2	E	34625	Mpa	E	34625	Mpa
G1, parete	12,50	KN/m2	J	0,28645833	m4	J	46,8693333	m4
Wtot	7721,75	KN	Ktot	326538,923			106854365	

$$W_{tot} = 7722 \text{ kN} \quad m = \frac{W_{tot}}{g} = 787 \text{ ton}$$

I muri sono incastrati alla base e in cima; pertanto la loro rigidezza nella direzione Y può essere valutata come:

$$K_{tot} = 4 \frac{12EJ}{h^3} = 106854365 \text{ kN/m}$$

In analogia a un oscillatore semplice si può calcolare il periodo del primo modo di vibrare come:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} = 0.017 \text{ s}$$

Il valore del periodo del primo modo di vibrare è nell'ordine di grandezza di quanto ottenuto dall'analisi FEM.

Masse di piano

Quota: quota, livello o falda, a cui compete la massa risultante.

*Massa X: massa per la componente di spostamento lungo l'asse X. [kN/(m*s²)]*

*Massa Y: massa per la componente di spostamento lungo l'asse Y. [kN/(m*s²)]*

Quota	Massa X	Massa Y
Quota Vasca	758.602	758.602